4.3 CARGA Y CENTRADO DEL AVION (II).

En el capítulo anterior se ha abordado el control del peso del avión, sus limitaciones, y los efectos que tiene sobre el vuelo rebasar dichos límites, todo ello desde un punto de vista cuantitativo, es decir en cuanto a cantidad de peso del avión, mencionando muy de pasada otro aspecto: su distribución. Aunque es importante observar las limitaciones de peso dadas por el fabricante del aeroplano en cuanto a cantidad, más importante es aún si cabe atenerse a las limitaciones en cuanto a su distribución, dado que el mismo peso según se coloque en uno u otro lugar ejercerá mayor o menor efecto de palanca. Aunque un aeroplano mantenga el peso dentro de los límites, una inadecuada distribución del mismo puede acarrear graves consecuencias, tal como veremos a lo largo de este capítulo.

4.3.1 Centro de Gravedad y Balance.

El Centro de Gravedad (en adelante c.g.) es el punto de un cuerpo en el cual se considera ejercida la fuerza de gravedad que afecta a la masa de dicho cuerpo, es decir, donde se considera ejercido el peso (ver 1.3.5).

El c.g. es a su vez el centro de balance o centro de equilibrio. Si se colgara al avión por ese punto, este quedaría suspendido en perfecto equilibrio. Asimismo, como el avión es libre de moverse en cualquier dirección, todos sus movimientos los realiza pivotando sobre el c.g.
Como es natural, el c.g. no es necesariamente un punto fijo, sino que su posición, más hacia un lado o hacia otro o más adelante o hacia atrás, está en función de la distribución del peso en el aeroplano. Los límites a esta posición están fijados, para distintos pesos, en el Manual de Vuelo por el constructor.

Fig.4.3.1 - Centro de gravedad y equilibrio.

La importancia de la situación del c.g. viene dada por su carácter determinante en cuanto a la estabilidad y seguridad del aeroplano. Un avión con su c.g. dentro de los límites tabulados es manejable, responde a los mandos en la forma prevista y vuela por tanto con seguridad, mientras que el desplazamiento del c.g. mas allá de dichos límites puede volverlo inmanejable poniendo a sus ocupantes en grave riesgo. Por esta razón, el piloto tiene la responsabilidad de no exceder el límite de peso y además que el c.g. resultante de la distribución del mismo permanezca dentro de los límites impuestos si no quiere verse envuelto en situaciones muy comprometidas. En la fig.4.3.2 se muestra un avión y los puntos de aplicación de las fuerzas de sustentación y peso (Centro de presiones o sustentación y Centro de gravedad - Ver capítulo 1.3). Este avión es estable longitudinalmente debido a la disposición adecuada de su peso, tal como se refleja en la balanza de la figura.

Fig.4.3.2 - Fuerzas ejercidas en un avión balanceado.

A efectos de carga y centrado, la localización del c.g. del avión se realiza por su posición relativa respecto a dos ejes del avión: eje lateral (de un extremo a otro de las alas) y eje longitudinal (de la cola al morro), aunque tiene mucha más importancia su desplazamiento a una posición adelantada o retrasada sobre el eje longitudinal que su posición desplazada a la izquierda o la derecha sobre el eje lateral.

4.3.2 Desplazamiento lateral del c.g.

Debido a que el balance lateral es relativamente fácil de controlar, salvo casos muy exagerados lo cual no es habitual, y a que el control longitudinal es mucho más crítico, en los manuales y libros de vuelo no suele hacerse referencia a la posición lateral del c.g. y aunque esta no suele calcularse, es prudente que el piloto conozca sus efectos. Un avión mal balanceado lateralmente, implica mayor actuación sobre el alerón del lado más cargado, incrementa la resistencia, y produce menores eficiencia y rendimiento, lo cual se traduce en mayor gasto de combustible y menor radio de acción. También, la inclinación hacia el lado de mayor peso hace un poco más trabajoso el despegue y el aterrizaje. Para paliar estos efectos, las medidas normalmente recomendadas son muy elementales: tratar de equilibrar los pesos a ambos lados y consumir el combustible de los depósitos en las alas por igual (cambio de depósito de forma regular).

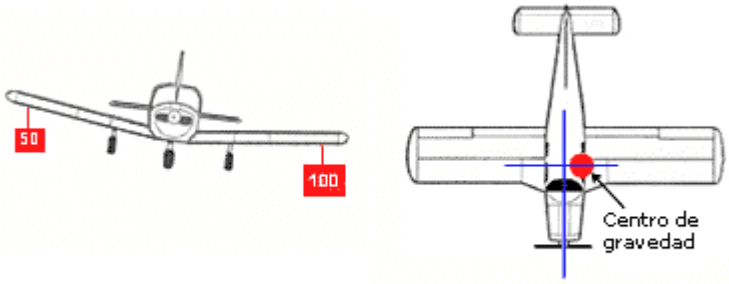

Fig.4.3.3 - Centro de gravedad desplazado lateralmente.

A continuación veamos los efectos de un c.g. excesivamente retrasado o adelantado, para cuya mejor comprensión es conveniente dar un repaso a algunos conceptos ya vistos, principalmente en el apartado 1.6.5. Según ese apartado, la estabilidad longitudinal se refiere al movimiento del avión sobre su eje transversal o eje de cabeceo (morro arriba/abajo). Esta estabilidad está principalmente resuelta por el estabilizador horizontal de cola, puesto a propósito en la parte más alejada de las alas para acentuar el efecto de palanca, estabilizador que suele tener menor ángulo de incidencia que las alas (decalaje). Con estos conceptos en mente veamos las consecuencias de un centro de gravedad fuera de límites: excesivamente retrasado o adelantado.

4.3.3 Centro de gravedad retrasado.

Si la carga en el avión (pasaje, equipaje, carga, etc..) está distribuida de forma que el c.g. resulta en una posición por detrás del límite posterior dado por el fabricante, el avión tenderá a caer de cola, y por tanto a elevar el morro (encabritarse). Debido al efecto palanca, esta tendencia se incrementa conforme aumenta el desplazamiento del c.g.

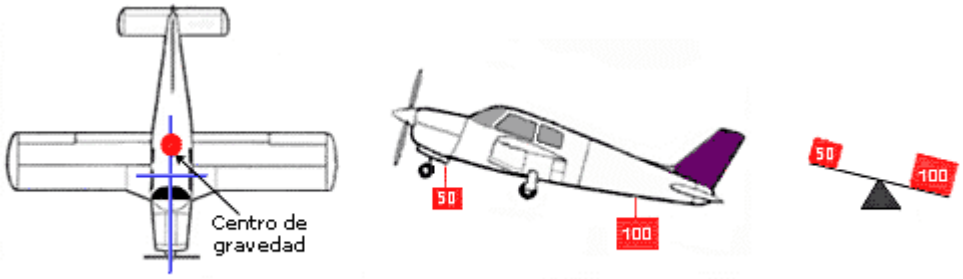

Fig.4.3.4 - Centro de gravedad retrasado = avión pesado de cola.

El centro de gravedad retrasado puede producir los siguientes efectos:

1. En el despegue, el avión tiende a rotar prematuramente y si se le consiente puede suceder que volvamos a la pista bruscamente porque la velocidad sea insuficiente o una pequeña ráfaga nos robe unos nudos.
2. Una vez despegado, el avión intentará ascender, si no se le corrige, con un ángulo de ataque excesivo y por tanto una velocidad menor que la de mejor ascenso o de mejor ángulo de ascenso. Se puede entrar en pérdida.
3. Una vez en el aire, la cola estará volando con un ángulo de ataque superior al normal, puede incluso que con un decalaje negativo, o sea mayor ángulo de ataque en la cola que en las alas (Fig.4.3.5). Esto obliga al piloto a intervenir sobre los mandos constantemente pues el avión se vuelve inestable y difícil de controlar al no tener ninguna estabilidad longitudinal.
4. La posición de vuelo del avión implica que la misma potencia del motor desarrolla menos velocidad.
5. El anormal ángulo de ataque de la cola incrementa el peligro de pérdida en todas las maniobras, sobre todo si se vuela en aire turbulento. Y si se produce una pérdida nos encontraremos con la peor de las posibles. En una pérdida normal, las alas entran en pérdida pero la cola sigue volando; el morro cae facilitando la recuperación que hace el piloto empujando el volante de control (morro abajo). Pero en este otro tipo de pérdida, la cola está volando con mayor ángulo de ataque que las alas lo cual hace perfectamente posible que la cola entre en pérdida lo primero. El morro en vez de caer !sube! lo que garantiza que las alas entren en pérdida *después* que la cola. Mal asunto, tenemos al avión con perdida en las alas y en la cola. Intentar bajar el morro (levantar la cola) incrementa el ángulo de ataque en la cola lo cual acentúa la pérdida en esta. Muy posiblemente no tardaremos en entrar en una barrena prácticamente irrecuperable.
6. Suponiendo, que es mucho suponer, que hayamos logrado mantener al avión en vuelo, aterrizarlo en estas condiciones requiere habilidad. A la hora de la recogida, o se hace esta muy delicadamente o al tirar de cuernos se corre el riesgo de que la cola se hunda más de lo debido elevando el morro más de la cuenta, y el globo sobre la pista esta servido.

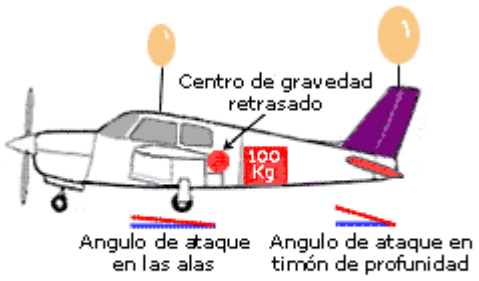

Fig.4.3.5 - Angulo de ataque excesivo en cola
-decalaje negativo-

4.3.4 Centro de gravedad adelantado.

La localización del c.g. por delante del límite anterior establecido por el constructor, produce un avión pesado de morro, lo cual significa que avión tiende a subir la cola y bajar el morro. Para que el avión esté balanceado la cola puede estar volando con un ángulo de ataque negativo. Esta situación puede producir que:

1. Se necesita un gran esfuerzo para levantar el morro y el timón de profundidad solo es efectivo a gran velocidad.
2. En el despegue, el avión necesitará más longitud de pista hasta que el timón de profundidad sea efectivo para levantar el morro del avión.
3. La tendencia a picar del avión puede acentuarse si se extienden flaps.
4. La estabilidad no suele ser problemática. El avión tiene una gran cantidad de decalaje y será muy estable. Salvo en situaciones extremas el avión puede volar normalmente, hasta el momento de aterrizar.
5. Al hacer la recogida del aterrizaje, cuando se tire del volante de control ("cuernos") para elevar el morro, bajando por tanto la cola, el ángulo de ataque de esta se hace tan negativo que puede entrar en pérdida. Pero ojo, un ángulo de ataque negativo significa sustentación negativa, y a medida que la pérdida se incrementa menor sustentación negativa se tiene, o sea que la cola empieza a subir bajando el morro. Se necesita habilidad para aterrizar un avión en estas condiciones.
6. Un pequeño truco que puede ayudar a aterrizar el avión consiste en tener al avión con algo de potencia en la recogida. El aire movido por el motor incidiendo en la cola del avión puede darle algo más de control y retrasar la pérdida en la cola.
7. En caso de realizar motor y al aire, puede hacerse dificultoso levantar el morro del avión.

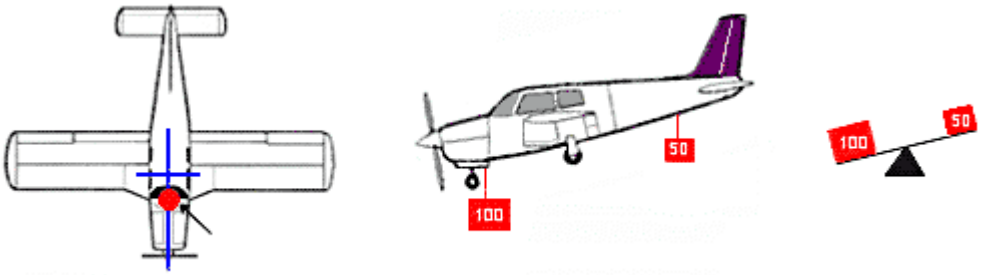

Fig.4.3.6 - Centro de gravedad adelantado = avión pesado de morro.

De las dos situaciones planteadas, c.g. retrasado o adelantado, la peor sin duda es la de un c.g. retrasado, peor incluso que excederse en el peso máximo admitido. No obstante, aun teniendo esto en cuenta, no hay que descuidarse con los límites de peso y balance del avión. Los constructores de aviones ya hacen las suficientes pruebas para poner los límites de peso y posición del c.g. tan amplios como sea posible en función de las características de vuelo para las cuales se ha diseñado el avión. No hay ninguna razón para que ampliemos los márgenes por nuestra cuenta.
El centro de sustentación del aeroplano debe estar siempre muy cerca del centro de gravedad pues en caso contrario el avión no estará en equilibrio.

Sumario:

- Es muy importante respetar las limitaciones de peso en cuanto a cantidad y más aún si cabe en cuanto a su distribución.
- Una inadecuada distribución del peso puede acarrear graves consecuencias incluso aunque la cantidad de peso se mantenga dentro de los límites.
- El Centro de Gravedad es el punto en el cual se considera ejercida la fuerza de gravedad, es decir, donde se considera ejercido el peso.

- Este punto es también el centro de equilibrio y balance alrededor del cual pivota el avión en todos su movimientos.
- La posición del c.g. varia lateral y/o longitudinalmente en función de la distribución del peso. Los límites a esta posición están fijados por el constructor.
- La importancia de la situación del c.g. proviene de su influencia en la estabilidad y seguridad del aeroplano. Si la situación del c.g. está fuera de los límites impuestos el avión puede ser inmanejable e incontrolable, poniendo al aparato y sus ocupantes en una situación de grave riesgo.
- A efectos de carga y centrado, la localización del c.g. del avión se realiza por su posición relativa respecto a los ejes lateral y longitudinal del avión. Por su mayor importancia, la mayoría de los manuales solo hacen referencia a la posición del c.g. respecto al eje longitudinal (c.g. retrasado o adelantado).
- Aunque no es crítico, un avión mal balanceado lateralmente supone mayor trabajo para el alerón del lado más cargado, incrementa la resistencia, produce menores eficiencia y rendimiento y hace más trabajoso el despegue y el aterrizaje.
- Para paliar los efectos anteriores, simplemente se recomienda tratar de equilibrar el peso a ambos lados y consumir el combustible de los depósitos en las alas por igual (cambio de depósito de forma regular).
- Una posición del c.g. por detrás del límite posterior dado hace al avión pesado de cola. Además, debido al efecto palanca esta tendencia se incrementa conforme aumenta el desplazamiento del c.g. El centro de gravedad retrasado puede producir: tendencia a rotar prematuramente en el despegue; dificultad para mantener el mejor ángulo o la mejor velocidad de ascenso; al volar la cola con mayor ángulo de ataque que las alas el avión se hace inestable y difícil de controlar; no hay respuesta de amortiguamiento a las ráfagas verticales; se incrementa el peligro de pérdida en cualquier maniobra, muy complicada de recuperar al entrar en pérdida la cola antes que las alas; a la hora de aterrizar, la tendencia a hundirse de la cola requiere una gran habilidad en la recogida.
- Si el c.g. está localizado por delante del límite dado, el avión se vuelve pesado de morro pudiendo dar lugar a: la necesidad de ejercer un gran esfuerzo para levantar el morro; el timón de profundidad solo es efectivo a gran velocidad; se necesita mayor longitud de pista en despegue; la tendencia a picar del avión se incrementa con la extensión de flaps; la recogida en el aterrizaje puede poner la cola volando con ángulo de ataque negativo y que esta entre en pérdida; frustrar el aterrizaje y hacer motor y al aire puede hacerse complicado.
- El c.g. retrasado presenta mayores dificultades al vuelo que una posición adelantada. En cualquier caso, es obligación del piloto mantener el c.g. dentro de los límites impuestos por el constructor.

© M.A.Muñoz Ene/2001